

Aus dem LVI. Bde. d. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. II. Abth. Oct.-Heft. Jahrg. 1867.

Über Blendung der Netzhaut durch Sonnenlicht.

Von Dr. Vincenz Czerny.

(Mit 3 Abbildungen.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 25. Juli 1867.)

So riesig auch die Litteratur über die Physiologie des Sehens angewachsen ist, so scheint doch ein Punkt fast gänzlich vernachlässigt worden zu sein. Ich meine die objectiven Veränderungen, welche das Auge, besonders aber die Netzhaut durch Lichteinfluß erleidet.

Eine einschlägige Beobachtung finde ich von Werneck (Ammon's Zeitschrift für Ophthalmologie 1834. IV. Bd., 1. Heft, S. 14) verzeichnet:

„Bei einem staarblinden Steinröthel und einem englischen Jagdhündchen zersprengte ich mittelst Anwendung einer starken Linse (durch Sonnenlicht oder Phosphorlicht) die Staare und hatte die Freude zu sehen, wie dieselben aufgelöst und allmälig entfernt wurden. Ich bemerkte hiebei durchaus nicht, daß die Retina geblendet oder eine Entzündung eingetreten wäre.“

W. knüpft daran den Vorschlag, den Staar auch beim Menschen durch concentrirte Sonnenstrahlen zu zersprengen und auf diese Weise zur Resorption zu bringen, ein Vorschlag, der sich keiner weiteren Beachtung erfreut zu haben scheint. Mit der gesunden Linse lebender Thiere scheint W. nicht experimentirt zu haben, wenigstens benützt er nicht mehr die Sonnenstrahlen, sondern die Elektricität, um sich über den Mechanismus des Zersprengens zu unterrichten.

Es sind aber Fälle verzeichnet, welche den schädlichen Einfluß des Sonnenlichtes auf das Sehvermögen beweisen. So soll bekanntlich Galilei durch Beobachtung der Sonnenflecken sein Augenlicht eingebüßt haben.

E. Jäger [1]) beschreibt mehrere Fälle dieser Art. Von vierzehn untersuchten Blendungsfällen waren blos bei sechs materielle Veränderungen mit dem Augenspiegel nachweisbar. Daß von diesen sechs vier Fälle einfach als Chorioiditis mit Exsudaten bezeichnet wurden, ist wohl nicht zu wundern, da ja der Augenspiegel, der dem Augenarzte eine neue Welt eröffnete, eben erst durch Helmholtz in Gebrauch gekommen war. Die zwei anderen Fälle werden als Chorioidealkrebs, der bei entsprechender Disposition sich auf Veranlassung der durch Blendung hervorgerufenen Chorioiditis entwickelt habe, beschrieben.

Von Arlt [2]) wird ein nach der Sonnenfinsterniß vom 28. Juli 1851 mit dem Augenspiegel beobachteter Fall erwähnt. Nach mündlicher Mittheilung soll bei der längere Zeit nachher vorgenommenen Untersuchung im gelben Fleck ein Blutextravasat mit folgender Retinochorioiditis, dann ein centraler Gesichtsfelddefect dagewesen sein.

Dagegen scheint der von Coccius [3]) beschriebene Fall nicht hieher zu gehören. Wenn auch nicht aus der Abbildung, so ist doch aus der Beschreibung der Fall als *Retinitis pigmentosa* aufzufassen, wofür noch der Umstand spricht, daß der Bruder des Patienten ohne Insolation ganz an demselben Übel litt.

In der neuesten Zeit beschreibt Rud. Schirmer eine Blendung, aber ohne nachweisbare objective Symptome [4]).

Bei dieser Lage unserer Kenntnisse ist es wohl zu wundern, daß Niemand den Einfluß der Sonnenstrahlen auf unser Sehorgan einer experimentellen Studie unterzog. Man konnte ja doch hoffen, der Frage, ob und welche materielle Veränderung das Licht auf die Netzhaut ausübe, etwas näherzurücken. Andererseits knüpft sich daran die practisch wichtige Frage, wie weit man die Lichtintensität bei der Augenspiegeluntersuchung treiben kann, ohne dem Auge materiellen Nachtheil zu bringen.

Gern gestehe ich, daß ich durch Benützung eines glücklichen Zufalles zu folgenden Untersuchungen geführt wurde.

---

[1]) Über Staar und Staaroperationen von Eduard Jäger. Wien 1854. S. 73.

[2]) Die Krankheiten des Auges III. S. 127.

[3]) Coccius, über die Anwendung des Augenspiegels 1853. S. 111. Die Abbildung bei Ruete. Bildliche Darstellung der Krankheiten des Auges. S. 50, Taf. VI, Fig. 3.

[4]) Zehender's Monatshefte für Augenheilkunde August. 1866. S. 261.

Im April 1865 untersuchte ich während der Osterferien mit dem Augenspiegel die Augen eines braunen Grasfrosches (*Rana temporaria*) [1].

Ein Versuch die Froschretina bei directem Sonnenlicht mit einem Concavspiegel zu untersuchen mißlang, weil das Licht so hell aus dem Auge reflectirt wurde, daß ich nicht im Stande war, bei dieser Lichtintensität Details zu unterscheiden. Abends untersuchte ich denselben Frosch wieder bei Lampenlicht und war nicht wenig erstaunt, am Augengrunde mehrere scharf begrenzte, weißlich graue Flecken zu finden, die früher sicher gefehlt hatten. Allsogleich stieg in mir die Vermuthung auf, daß diese Flecken der Wirkung des Sonnenlichtes ihren Ursprung verdanken dürften. Ein zweiter Versuch am folgenden Tage bestätigte diese Vermuthung. Im Sommer verfolgte ich den Gegenstand so weit als thunlich an Froschaugen.

Ich bediente mich zur Blendung einer Convexlinse von zwei Zoll Brennweite, wie sie sich bei jedem Augenspiegel vorfindet. Mit der linken Hand fixirte ich den Frosch, mit der rechten stellte ich die Linse so, daß der von derselben gesammelte Sonnenstrahlenkegel ganz in die Pupille eindrang. Der Brennpunkt der Linse befand sich also hinter der Pupillarebene des Froschauges.

Wenn auf diese Weise Strahlen der klaren Sonne nur 10—15 Secunden einwirkten, so traten folgende Veränderungen im Augen-

[1] Die länglich ovale verticale Sehnervenscheibe ist theilweise verdeckt von einem großen venösen Gefäßstamme, in dem alles Blut aus einem reichen Capillarnetze, welches vor der Netzhaut ausgebreitet ist, sich sammelt und nach abwärts fließt. Die arteriellen Zuflüsse des Gefäßnetzes liegen außerhalb des Gesichtsfeldes des Augenspiegels. Die ganze Gefäßhaut läßt sich an in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Augen ganz leicht von der gefäßlosen Netzhaut abziehen. Auf dem dunkelblaugrauen, durch die Sehnervenbündel leicht radiär gestreiften Augengrunde sind die feinsten Capillaren, dann das Strömen des Blutes in denselben selbst mit einer Umkehrungslinse von $1\frac{1}{2}''$ Brennweite leicht zu verfolgen. Diese große Menge sichtbarer Details hat ihren Grund theils in der Größe der histologischen Elemente beim Frosche, theils in den dioptrischen Verhältnissen. Es repräsentirt die Untersuchung im umgekehrten Bilde eben ein zusammengesetztes Mikroskop, dessen Objectivsystem beim Frosche von um mehrere Male kürzerer Brennweite ist, als es z. B. beim Menschen, dem gewöhnlichen Untersuchungsobjecte, der Fall ist. S. Cuignet F. Über Beobachtung der Blutcirculation im Froschauge mittelst des Ophthalmoskops. Annales d'oculistique LV, p. 120. Zehender's Monatsblätter IV. August, p. 200, 1866.

hintergrunde auf, und zwar um so rascher, je intensiver die Sonnenstrahlen eingewirkt hatten.

Wenige Minuten nach der Blendung konnte ich bei dieser Methode bloss einen etwas lichter gefärbten Fleck des sonst bläulichgrauen Augengrundes wahrnehmen. Nach und nach wurde dieser Fleck immer heller und hob sich dadurch schärfer von dem übrigen Augengrunde ab. Nach etwa drei Stunden war der Fleck scharf begrenzt, lichtgrau und reflectirte am Rande etwas gelbliches Licht. Die Glaskörpergefäße zogen im flachen Bogen über diesen Fleck und liessen durch deutliche parallactische Verschiebung erkennen, daß die dahinterliegende Retina sich über das normale Retinalniveau erhoben hatte.

In den Ferialmonaten versuchte ich auf dieselbe Weise Kaninchen, Hühner, Enten und Gänse zu blenden, konnte jedoch so nicht zum Ziele gelangen. Die Ursache war wohl folgende: Bei obiger Blendungsmethode erhalte ich auf der Netzhaut keinen Brennpunkt, sondern einen Zerstreuungskreis. Die Intensität der hier gesammelten Lichtstrahlen wird um so größer sein, je kleiner der Zerstreuungskreis ist. Der Einfachheit wegen nehmen wir an, der Brennpunkt der Linse falle bei allen Versuchsthieren in den vereinigten Knotenpunkt des Auges, was den thatsächlichen Verhältnissen ziemlich nahe kommt. Die Größe des Zerstreuungskreises auf der Netzhaut nimmt dann sowohl mit der Entfernung des Knotenpunktes von der Netzhaut, als auch mit dem Divergenzwinkel der sich im Knotenpunkte kreuzenden Lichtstrahlen zu. Der erste Factor wächst im Allgemeinen mit der Zunahme der Augendimensionen.

Um also in größeren Augen einen Zerstreuungskreis von eben so großer Lichtstärke wie im Froschauge zu erzeugen, wird man Linsen größerer Brennweite benützen müssen, wobei der Divergenzwinkel der Lichtstrahlen geringer wird. Der Versuch bestätigte vollkommen diese Erwartung, denn schon mit einer vierzölligen Linse, noch besser mit einem Concavspiegel von 5 Zoll Brennweite, konnte ich leicht nachweisbare Blendung hervorrufen. Am intensivsten und raschesten kam natürlich die Blendung zu Stande, wenn ich concentrirte parallele Strahlen in das Auge leitete, wobei der Vereinigungspunkt bei emmetropischen Thieraugen in die Ebene der Retina selbst fiel. Dazu bediente ich mich eines größeren Concavspiegels von 114 Millim. Durchmesser und 192 Millim. Brennweite

(F), dann einer Linse von 30 Millim. Durchmesser und 41 Millim. Brennweite *(f)*. Sie wurden in der Entfernung $F+f=233$ Millim. so aufgestellt, daß der Brennpunkt des Spiegels mit dem vorderen Brennpunkte der Linse zusammenfiel, daß also die von dem Spiegel im Brennpunkt vereinigten Strahlen aus der Linse wieder parallel heraustraten. Das auf den Spiegel auffallende Strahlenbündel von 114 Millim. Durchmesser wurde so auf ein Bündel von beiläufig 24 Millim. Durchmesser zusammengedrängt. Nur wenige Secunden lang brauchte man dieses Strahlenbündel in das Auge eines Kaninchens zu leiten, um augenblicklich darnach mit dem Augenspiegel einen weissen Fleck, mit schmalem grauen Hof am Augengrunde wahrnehmen zu können. Alle diese Versuche wurden nach Erweiterung der Pupille durch Atropin vorgenommen.

Als Versuchsthiere dienten mir Hund (1), Katze (1), Kaninchen (10), Meerschweinchen (4), Maus (1), Tauben (3), Enten (2), Gans (1), Hühner (3), Frösche (5).

Ohne weitere Vorrichtungen als die oben angegebenen nahm ich 47 Blendungen vor, wovon 16 nach der Methode mit parallelen Strahlen.

35mal blendete ich früher ganz gesunde Augen und konnte die Veränderung mit dem Spiegel stets bis auf ein einziges Mal nachweisen. Welche Verhältnisse das Mißglücken verursachten, ist mir unbekannt.

13mal blendete ich schon früher geblendete Augen, 4mal ohne Resultat. Dieses häufige Mißglücken hatte wohl seinen Grund in dem Umstand, daß eine durch eine frühere Blendung zerstörte Netzhautstelle keine weitere mit dem Augenspiegel nachweisbare Veränderung erleidet. Da geschah es denn häufig, daß ich bei der zweiten oder dritten Blendung das Strahlenbündel auf schon durch Blendung zerstörte Netzhautstellen brachte. Dagegen hatten meine Blendungsversuche mit Spectralfarben, mit Lichtstrahlen, die durch Absorption farbig geworden, endlich mit Gaslicht sämmtlich keinen Erfolg.

Ich will aus meinem Tagebuche einige Beobachtungen hier anreihen, um die Art und Weise der Versuche anschaulich zu machen.

Rana esculenta (Fig. 1).

Am 12. Mai 1865 insolirte ich mit der zweizölligen Linse das rechte Auge durch beiläufig zwei Minuten. Augenblicklich darauf konnte ich mit dem Augenspiegel keine Veränderung wahrnehmen.

Am 14. Mai fand sich aber nach links von der Papille ein weißgrauer Fleck von einem hellweißen Ringe umsäumt. Sein Durchmesser beträgt fast das Doppelte der Länge der Sehnervenscheibe. Die ganze Stelle scheint etwas prominent zu sein, die schwach erweiterten Gefäße sind etwas vorgebaucht.

23. Mai. Der Rand ist gelblich. Auf der Fläche scheiden sich kleine glänzend weiße Schüppchen und spärliche schwarze Punkte ab.

28. Mai. Die Stelle ist verwaschen grau gefärbt, mit zahlreichen braunen und spärlichen glänzenden weißen Pünktchen versehen.

Am 6. Juni blendete ich nochmals mit der zweizölligen Linse durch 15 Secunden. Drei Stunden später ein lichtgrauer Fleck mit gelblichem Rande nach rechts vom Sehnerveneintritt. (Siehe Zeichnung.)

Ein gelbbraunes Kaninchen (Fig. 2).

Am 17. Juli versuchte ich das rechte Auge wie bei einem Froschauge mit der Linse von 2 Zoll Brennweite zu blenden. Im Augengrunde konnte ich auf die Weise keine Veränderung hervorrufen, dagegen hatte die nicht durch Atropin gelähmte Iris etwas gelitten, indem der Sphincterrand grau verfärbt, die Pupille etwas verzogen war. In der vordersten Linsenschichte lagen nach oben außen vom Centrum zwei stecknadelkopfgroße graue Trübungen mit verwaschenen Rändern. Die Trübung wurde allmälig kleiner. Anfang August keine Spur mehr von derselben.

Dieser fehlgeschlagene Versuch veranlaßte mich, am 17. August mit der oben beschriebenen Spiegellinsencombination, also mit parallelen Strahlen, die Blendung vorzunehmen. Ich ließ die Sonnenstrahlen 15 Secunden lang durch die mittelst Atropin erweiterte Pupille einwirken

Unmittelbar darauf zeigte der Augenspiegel nach unten innen von der Sehnervenscheibe einen grauweißen, etwa birnförmigen Fleck, von Papillendurchmesser. 4 Stunden später war der Fleck von einem grauen Hofe umgeben, der sich nach Aussen durch eine hellrothe Linie gegen den normalen Augengrund abgrenzte.

Am 17. August ist die geblendete Stelle durch eine gelbliche Zone vom normalen Augengrunde geschieden, dann folgt eine durch Pigment schwarz gefärbte Zone, und blos im Centrum ist noch eine Stelle blaugrau getrübt.

Am 30. August ist die ganze Stelle in der Mitte fast schwarz, geht durch lichtere Partien in die helle Zone über, welche wieder durch Pigmentpunktirung von dem normalen Augengrunde abgegrenzt ist.

Am 31. August blendete ich dasselbe Auge mit der vierzölligen Linse durch 20 Secunden. Bei der 15 Minuten später vorgenommenen Untersuchung war schon nach unten außen von der Papille ein längsovaler, grauer Fleck sichtbar, der dann dieselben Metamorphosen durchmachte, wie jener erste.

Am 12. September wurde es mit Augenspiegel nochmals durch 30 Secunden geblendet. Die Veränderungen waren dieselben wie nach der zweiten Blendung. Am 13. September zeichnete ich den Augengrund ab.

Ein ausgewachsenes weisses Kaninchen.

13. August. Am rechten Auge blendete ich durch 12 Secunden mit der Spiegellinsencombination bei vollkommen erweiterter Pupille. (Siehe Augenspiegelbild.) Die unmittelbar darauf vorgenommene Augenspiegeluntersuchung ergab, daß die prachtvoll injicirten Chorioidealgefäße unterhalb der Sehnervenscheibe in einer den Papillendurchmesser nicht erreichenden Ausdehnung von einer getrübten Netzhautpartie verdeckt waren.

17. August. Die geblendete Stelle erscheint diffus-roth gefärbt, sowie wenn Blutextravasat hinter der getrübten Netzhaut läge. Die Chorioidealgefäße der Umgebung zeigen keine abnorme Füllung. Insbesondere nach innen von der geblendeten Stelle fallen einige dunkelgraue Pünktchen auf, die später als die Durchtrittspunkte der Ciliararterien erkannt werden [1]). Am rechten und linken Rande des Gesichtsfeldes beginnt ein grauer Streifen, der gegen die Peripherie in ein rothes Gefäß übergeht — die *arteriae ciliares posticae longae.*

30. August. Die geblendete Stelle ist fast zirkelrund, von Papillendurchmesser. Die diffuse Röthung ist verschwunden. Man sieht jetzt einen weißen Fleck mit hellweißen Schüppchen und einigen grauen Punkten. Aus zwei der letzteren taucht je ein dünnes Gefäßchen hervor, theilt sich und verästelt sich schließlich in den benachbarten Theilen der Chorioidea. Die Deutung dieses Befundes wird wohl durch die Annahme, daß die Venen und Choriocapillaris zu Grunde gegangen sind und blos die Arterien zurückblieben, gegeben, was die anatomische Untersuchung später bestätigte.

31. August. Mit vierzölliger Linse nach Atropineinträufelung durch 30 Secunden geblendet. Eine halbe Stunde später findet sich nach außen von der zuerst geblendeten Stelle gerade unterhalb des äußern Zipfels markhaltiger Nervenfasern eine quer-ovale Partie, wo die Chorioidealgefäße nicht scharf zu sehen sind.

1. September. Die neugeblendete Partie ist wieder diffus geröthet mit einigen verwaschenen, tiefrothen Streifen.

6. September. Die zuletzt geblendete Stelle beginnt ringsum am Rande hellweiß zu werden. Spärliche Chorioidealgefäße verlieren sich in der noch verwaschen gerötheten Mitte.

11. September. Der Fleck ist ebenfalls weiß wie der von der ersten Blendung, jedoch gehen einige Chorioidealgefäße, wie es scheint, von verdünntem Caliber ohne Unterbrechung durch.

16. September. Durch fast eine Minute mit dem Augenspiegel geblendet. Bei der darauffolgenden Untersuchung konnte ich keine Veränderung finden. Am 18. September dagegen fand sich eine ausgedehnte, verwaschen geröthete Stelle nach unten und innen von der zuerst geblendeten Stelle, welche bis zum 29. September ebenso wie die früher geblendeten Stellen allmälig vom Rande her weiß wurde. Am 25. September waren am Augengrunde in Folge der vorausgegangenen drei Blendungen zwei weiße Flecken, ein großer unterhalb und ein kleiner nach unten außen von der Sehnervenscheibe, denen offenbar

---

1) Vergl. Nagel A. f. O. 1860. VI, 1. S. 183.

die Choriocapillaris und der größte Theil der Venen abgeht. Dagegen entspringen an mehreren Stellen aus ihrer Mitte Gefäße, die sich verästeln und endlich in der Chorioidea auflösen, daher sie wohl als *arteriae ciliares posticae breves* aufzufassen sind. Die jüngst geblendete Stelle hat noch in ihrer Mitte einige diffus-rothe Flecken.

Am 25. September um 11 Uhr 50 Minuten nahm ich noch mit dem Augenspiegel eine Blendung durch 50 Secunden vor, um den zeitlichen Verlauf der Entstehung zu beobachten. Um 12 Uhr 10 Minuten konnte ich noch keine Veränderung finden; erst um 12 Uhr 15 Minuten fand ich eine Chorioidealgefäßstelle nach unten außen von der letzten Blendung vom 16. September schwach getrübt. — 12 Uhr 25 Minuten. Die Stelle ist oval, scharf begrenzt, die Trübung der Netzhaut am deutlichsten sichtbar, wenn ich die Stelle an der Grenze des beleuchteten Gesichtsfeldes im Halbschatten betrachte. Die Chorioidealgefäße sind deutlich, wenn auch nicht ganz scharf contourirt, durchzusehen. — 12 Uhr 32 Minuten. Die Gefäße werden immer undeutlicher, scheinbar breiter. Nach innen und oben von der am 16. September geblendeten Stelle befindet sich eine kleinere, ebenfalls neue Blendung. — 12 Uhr 45 Minuten. In der unteren Hälfte sind die Gefäße nicht mehr deutlich wahrnehmbar. Der Fleck erscheint hier verwaschen röthlich weiß. In der obern Hälfte dagegen sind die Gefäße noch durch hellere Zwischenräume angedeutet. — Um 1 Uhr war die ganze Stelle verwaschen geröthet, mit einigen dunklen Stellen. Der Rand setzt sich lichtgrau von der gesunden Retina ab. Als ich am 29. September das Augenspiegelbild abzeichnete, begann der Fleck vom untern Rande her schon wieder weiß zu werden.

Es erscheint überflüssig, alle Augenspiegelbefunde hier aufzuführen, da die Veränderungen den eben beschriebenen vollkommen analog verliefen. Nur will ich erwähnen, daß äußerlich nie Reizungserscheinungen nachweisbar waren. Bei einem Meerschweinchenauge fand ich einen Tag nach der Blendung mehrere rothe Extravasatflocken im Glaskörper, ohne daß ich einen Riß in dem wie gewöhnlich veränderten Augenhintergrunde entdecken konnte [1].

Anatomische Untersuchung.

Da die Untersuchung der frischen Netzhaut nur spärliche Resultate liefert, so gehört eine genaue Kenntniß der Veränderungen,

---

[1] Wenn auch nicht eigentlich hiehergehörig, will ich doch eines Curiosum hier erwähnen. Bei manchen wenig pigmentirten Tauben kann man den Augengrund ohne Augenspiegel, und zwar im durchfallenden Licht untersuchen. Die Augen sind nämlich bei manchen blos durch ein äußerst dünnes Pflugscharbein getrennt. Wenn man nun z. B. das linke Auge in die Nähe einer Flamme hält und in das rechte mit entspannter Accomodation sieht, so kann ein emmetropisches Auge mitunter in einem gewissen Umkreise die Chorioidealgefäße sehen. Es gelang mir bei acht darauf untersuchten jungen Tauben dreimal.

welche das verwendete Härtungsmittel in derselben hervorruft, dazu, um angeben zu können, welche Veränderungen durch die Blendung hervorgerufen wurden.

Dies ist der Grund, weßhalb ich mich zur Präparation der Müller'schen Flüssigkeit bediente, deren Einwirkung auf die Netzhaut ich schon seit Jahren zu studieren Gelegenheit hatte. Andererseits conservirt sie besonders die Netzhaut von Batrachiern, Vögeln und manchen Säugethieren so vollkommen, wie es nur irgend eine der von M. Schultze, Henle u. A. angegebenen Conservirungsmethoden thun kann. Für Kaninchen und Meerschweinchen kann ich sie leider nicht besonders anempfehlen. Für die Untersuchung auf Querschnitten kann ich nicht genug die von S. Stricker angegebene Gummieinbettungsmethode empfehlen [1]). Wenn einmal die Retina gut gehärtet ist, kann man ihr schon etwas zumuthen. Man sieht sogar an einer auf diese Weise präparirten Kaninchennetzhaut noch ganz deutlich die doch sehr vergängliche Querstreifung der äußern Körner. Da ich außerdem stets die geblendeten Stellen mit den benachbarten gesunden Partien vergleichen konnte, so darf ich die folgenden Beobachtungen getrost einer kritischen Nachuntersuchung überlassen, die sicher noch reiche Ausbeute an interessanten Details über das Verhalten der einzelnen Netzhautelemente in dem Processe liefern wird.

Unmittelbar nach der Blendung mit dem Augenspiegel legte ich die Augen von Frosch, Ente und Meerschweinchen in die Müller'sche Flüssigkeit.

Die Froschaugen untersuchte ich, nachdem sie zehn Tage in der Flüssigkeit gelegen waren. Die geblendete Netzhautpartie liegt flach an und nimmt beim Abheben das Pigmentepithel der *Chorioidea* mit sich, während die Umgebung stärker geschwellt und etwas faltig emporgehoben, das Pigmentepithel leicht abstreifbar ist. Wenn man die Netzhaut mit einer Lanzennadel auf einem Objectträger schnitt, so zeigte sich die geblendete Stelle spröder und leichter

---

[1]) Einige Tropfen recht dicker Gummilösung werden in eine kleine Papierkapsel gegeben. Darauf legt man flach das einzubettende Präparat und tropft abermals etwas Gummi darauf. Das ganze wird dann in guten Alcohol gelegt und kann nach 24 Stunden mit durch Alcohol feucht gemachter Klinge sehr gut geschnitten werden. Die Schnitte werden in Wasser ausgewaschen.

spaltbar als die noch ziemlich weiche, gesunde Netzhaut. Die vom ersten Orte erhaltenen Schnitte brechen leicht in der Zwischenkörnerschicht auseinander.

Die Elemente sind alle noch gut erhalten, die Contouren aber nicht so scharf wie in der normalen Partie, ihre Substanz fein granulirt. Der Unterschied ist etwa der, wie zwischen der Substanz eines grauen Staares und der einer gesunden Linse. An manchen stärker geblendeten Stellen sind die äußeren stark lichtbrechenden Partien der Stäbchen am äußeren Ende etwas gebogen und an der concaven Seite wie angefressen. Die Krümmung wird hie und da so stark, daß das Ende der Stäbchen wieder in die Nähe des Anfangs der Krümmung zu liegen kömmt. Der äußere Theil des Stäbchens ist also schlingenförmig gebogen, aber blos der äußere Contour bleibt ziemlich scharf, der innere ist angefressen und verwischt. Solche Stäbchen zeigen gewöhnlich eine feine, unregelmäßige Querstreifung, die übrigens auch an weniger verkrümmten Stäbchen häufig zu finden ist. Ja selbst an gesunden Netzhäuten, besonders von Vögeln, ist sie oft, offenbar durch Einwirkung der Conservationsflüssigkeit, entstanden [1].

Größtentheils sind aber die Stäbchen vollkommen gut erhalten. Auffällig ist, daß an den geblendeten Stellen das Pigment, welches in feine Protoplasmafäden gelagert [2], von dem sogenannten Pigmentepithel sich zwischen die Stäbchen erstreckt, an der geblendeten

---

[1] Da diese Querstreifung, die ich übrigens auch an schon vor zwei Jahren gefertigten Glycerinpräparaten fand, so fein und unregelmäßig ist, daß ich nicht im Stande bin, die Zahl der dadurch entstanden Scheibchen mit einiger Sicherheit anzugeben, geschweige denn ihre Dicke zu messen, so kann ich nicht annehmen, daß sie den in jüngster Zeit (Archiv. f. mikr. Anatomie II. Heft 1867) von M. Schultze beschriebenen Querstreifen der äußern Stäbchenglieder entsprechen. Wenigstens schiene es mir sehr gewagt, auf diese Zeichnung eine solche Theorie zu gründen, wie es W. Zenker gethan hat (l. c.).

[2] Da ich es nirgends erwähnt finde, so bemerke ich, daß in den Epithelzellen des Frosches eben solche gelbrothe Körner, wie sie von H. Müller in den Zapfen nachgewiesen wurden, vorkommen. Außer dem großen Kerne und diesen farbigen Kugeln (oft 2—3) finde ich in den meisten Zellen noch eine den Vacuolen der Infusorien ähnliche Protoplasmalücke. Bei Pigmentepithelzellen, die ich einem eben getödteten *Bombinator igneus* entnahm, waren die pigmentirten Fäden nach allen Richtungen äußerst zahlreich ausgestreckt, so daß die Zelle einer freilich unbeweglichen, pigmentirten Actinophrys glich. Diese Zellen sind, nach alledem zu urtheilen, sehr complicirte Elementarorganismen.

Netzhautpartie bis an die *Limitans externa* reicht, ja selbst hier dichter angehäuft ist, als in der mittleren Höhe der Stäbchen, während es an den gesunden Partien meistens bloss bis zum Beginn des Innengliedes der Stäbchen reicht, ein Verhalten, das mir zuerst bei einer Ente auffiel. Dadurch wird es begreiflich, warum das Epithel an der geblendeten Stelle fester anhaftet. Dieser Befund fordert lebhaft auf, zu untersuchen, ob nicht das Pigment längs dieser Fortsätze ähnlich wie die Körnchen in einem Rhizopodenarm fortbewegt wird, ob die Fortsätze selbst nicht contractil sind. Die Thatsache, daß auch bei gesunden Entenaugen manchmal an einigen Stellen das Pigment tiefer zwischen die Stäbchen ragt, kann doch nicht a priori als Gegengrund aufgeführt werden. Mir ist der Nachweis bis jetzt nicht gelungen, freilich machte ich den Versuch ohne die modernen künstlichen Hilfsmittel, wie Wärmetisch etc.

Auch in den beiden Körnerschichten ist ein deutlicher Unterschied zwischen geblendeter und nicht geblendeter Stelle wahrnehmbar. Die Elemente, besonders der äußeren Schichte, sind an der geblendeten Stelle mehr oblong bis spindelförmig, während sie in den übrigen Partien mehr kugelig sind.

Da mir Froschaugen aus verschiedenen Zeiten nach der Blendung zu Gebote standen, so will ich gleich die consecutiven Veränderungen hier erörtern. Bei einem drei Tage nach der Blendung eingelegten Auge fand ich die auffälligsten Veränderungen im *Tapetum nigrum* und in der Stäbchenzapfenschicht. Der äußere stark lichtbrechende Theil der Stäbchen ist in eine Menge unregelmäßiger, hie und da krümmlicher, sehr kleiner, bis Froschblutkörperchen großer Körper zerfallen, die mit dem abgerissenen, zu Klumpen geballten, pigmentirten Theil der Epithelzellen bunt durcheinander gemischt sind. Außerdem kommen unregelmäßige, stark lichtbrechende Klumpen von verschiedener Größe und gelblicher Farbe dazwischen vor, die wohl als ausgetretene Blutkörperchen aufzufassen sind und vielleicht der geblendeten Stelle im Augenspiegelbilde die gelbliche Färbung verleihen. In der äußeren Körnerschicht kann ich die einzelnen Elemente nicht mehr unterscheiden, und es ist überhaupt der Unterschied zwischen dieser und der Stäbchenschicht nicht mehr scharf ausgeprägt. Die Pigmentklumpen reichen bis an die Zwischenkörnerschicht. Wie sich die Radiärfasern und ihre Kerne bei Fröschen verhalten, wird noch spätern Untersuchungen vorbehalten bleiben, da

ich mich zur Zeit der Anfertigung der hieher bezüglichen Präparate noch einer Gummieinbettung ohne Alkohol bediente, die keine so klaren Bilder lieferte. Nur so viel kann ich sagen, daß die nervösen Elemente der Retina sämmtlich zu Grunde gehen und allein eine dünne Bindegewebsmembran übrig bleibt, in der rundliche, theils pigmentirte, theils mit jenen gelblichen Körpern angefüllte Zellen, offenbar Derivate des *Tapetum nigrum*, reichlich eingelagert sind. Diese Zellen bleiben aber nicht allein in der Retina, sondern finden sich zahlreich in der Gefäßhaut vor, die man leicht in gehärteten Augen abpräpariren kann, wenn man das Auge im Äquator zerschneidet, wornach durch Schütteln die Gefäßhaut meistens von der hintern Linsenfläche losgelöst werden kann. Die schwarzen Punkte im Augenspiegelbilde entsprechen offenbar den bis in die Gefäßhaut vorgedrungenen Pigmentzellen. Das Pigmentepithel scheint an den Rändern mittlerweile einen Proliferationsproceß einzugehen, wenigstens sieht man daselbst ziemlich häufig zweikörnige Zellen. Diese benachbarten Zellen haben aber ihre Pigmentfortsätze verloren, besitzen meist blos wenige Pigmentkörnchen und sind oval.

Bei der Ente saß an der geblendeten Stelle, die etwas über das Niveau der Umgebung erhoben war, das Pigment fest, während es an den anderen Stellen leicht heruntergeschwemmt wurde. Ich hatte die Ente blos durch 15 Secunden mit dem Augenspiegel geblendet, dann noch ophtalmoskopisch untersucht. Dabei bemerkte ich in der Nähe des Endes des Pecten eine schwach getrübte, viel dunklere runde Stelle. Bei der mikroskopischen Untersuchung, die freilich erst mehrere Monate später stattfand, daher die Retina ganz gleichmäßig gehärtet war, fiel mir an derselben Stelle, die auch der oben erwähnten Erhabenheit entsprach, die Länge der bis an die *Limitans externa* reichenden Pigmentfäden der sogenannten Epithelialzellen auf. Die Stäbchen waren vollkommen intact, umsomehr die übrigen Retinaelemente. Dagegen war zwischen *Tapetum nigrum* und *Choriocapillaris* eine fein moleculäre Gerinnung gelagert, die wohl als Transsudat aufzufassen ist, da einzelne Blutkörperchen in derselben ihren Ursprung aus den benachbarten stark injicirten Gefäßen documentirten.

Bei einer 24 Stunden nach der Blendung getödteten Ente, zeigte die Stäbchenschichte schon ähnliche Veränderungen, wie jene beim Frosch beschriebenen. Pigment ist schon mit Stäbchenresten durcheinander geworfen, die Elemente der äußeren Körnerschicht sehen wir

in moleculärem Zerfall. Auch hier liegen Blutkörperchen zwischen Tapetum und Choriocapillaris, dann zwischen den verkrümmten Stäbchen.

In der Nachbarschaft ragt abermals das Pigment viel tiefer zwischen die gesunden Stäbchen. Wie sich die Zapfen bei dem Proceß verhalten, kann ich in dem Chaos nicht enträthseln.

Eine dritte Ente untersuchte ich sieben Tage nach der Blendung. Die innere Körnerschichte zeigt noch nichts Abnormes. Nur die Radiärfasern sind stärker ausgeprägt und reichen ohne Unterbrechung bis an die *Limitans externa*. Die äußeren Körner sind vollkommen zu Grunde gegangen, nur hie und da ist ein wahrscheinlich dem Stützgewebe angehöriges Korn zu sehen. Dadurch ist das Stützgewebe reiner, als man es mit dem Präparirpinsel je im Stande ist, dargestellt: Ein fein granulirtes, aus Sepimenten gebildetes Fachwerk, dessen oberste Ausbreitung die *Limitans externa* ist, ganz wie es M. Schultze so meisterhaft geschildert.

An manchen Stellen wuchern aber die Stützfasern gegen die Chorioidea und bilden daselbst ein zierliches, mit reichlichen Pigmentklümpchen durchsetztes Maschenwerk. Solche Pigmentklümpchen kommen hie und da bis in die innere Körnerschichte vor. Ein ähnliches Auswachsen der Stützfasern wurde von Iwanoff (Archiv für Ophthalmolog. XI) und von Pope (Würzb. med. Zeitschr. III) beschrieben. Von Säugethieren untersuchte ich, wie gesagt, bloss das Meerschweinchen gleich nach der Blendung. Auch da haftet das Pigment fester auf der Stäbchenschichte als anderwärts, obwohl bekanntlich keine pigmentirten Fortsätze zwischen den Stäbchen bei Säugethieren vorkommen. Dagegen hält ja Schultze (De Retinae structura penitiori S. 16) das Vorkommen pigmentloser Fortsätze für wahrscheinlich. An der geblendeten Partie sind die Stäbchen vollkommen cylindrisch, während sie an den übrigen Partieen gequollen und verkrümmt sind.

Die secundären Veränderungen beobachtete ich bei Kaninchen. Sie gestalten sich auf ähnliche Weise wie bei der Ente. Die Stäbchen zerfallen ebenfalls in kuchenförmige Klümpchen, der innere Theil derselben in fein granulirte Kugeln. Zwischen Pigment und Retina ist ein ziemlich bedeutendes Extravasat, welches wohl zunächst die Epithelialzellen in Unordnung bringt. Die Gefäße der Chorioidea sind mit Blutkörperchen vollgepfropft.

Auch hier ist ein Auswachsen der Radiärfasern mit Einlagerung von Pigment zu beobachten. Außerdem kommen noch rundliche mit glänzenden Körnchen angefüllte Zellen vor: wohl Fettkörnchenzellen. Die auseinander geworfenen Epithelialzellen beginnen einen reichlichen Wucherungsproceß; am Rande des Herdes sind sie sehr unregelmäßig, mehr rundlich, einige auf das dreifache vergrößert, oft mit mehreren Kernen; andere, in Gruppen angeordnete, erreichen kaum ein Viertel der normalen Größe.

Beim albinotischen Kaninchen sind letztere mit einer gelbbraunen körnigen Masse angefüllt; die Körnchen von der verschiedensten Größe — von moleculärer Feinheit bis Blutkörperchengröße [1]).

Schließlich ist die Retina auf eine dünne Bindegewebsmembran reducirt, in welche zahlreiche schwarz pigmentirte Zellen bei schwarzäugigen, mit dem oben erwähnten gelbbraunen Pigment angefüllte Zellen bei albinotischen Kaninchen eingebettet sind.

Im benachbarten Glaskörper finden sich ziemlich zahlreiche, junge Zellen mit großem Kern und wenig Protoplasma, manche mit mehreren Kernen. Manche dieser Zellen sind bei dunkeläugigen Kaninchen mit deutlichen Pigmentkörnchen angefüllt, daher sie wohl kaum Abkömmlinge präexistenter Glaskörperzellen sind.

Die Chorioidea ist mittlerweile zu einer einfachen Bindegewebsmembran atrophirt, in der blos noch spärliche Ciliararterien zu sehen sind (vergl. Augenspiegelbild). Capillaren und Venen sind zu Grunde gegangen. In dieser atrophirten Stelle finden sich beim weißen Kaninchen mit gelbbraunem Pigment versehene, vielästige Stromazellen, die ich in der übrigen Chorioidea nicht sah.

Es lag mir zunächst daran zu wissen, ob die Möglichkeit, durch Sonnenlicht sichtbare Veränderungen in der Netzhaut hervorzurufen, an das Leben des Thieres gebunden ist. Leicht gelang es, zu zeigen, daß selbst mehrere Stunden nach dem Tode, wenn nur Linse und Hornhaut nicht trübe geworden sind, noch ganz anologe Veränderun-

---

[1]) Es erinnert mich dieses Stadium lebhaft an einen Fall von typischer *Retinitis pigmentosa*, den ich zu untersuchen Gelegenheit hatte. Auch da waren im Bereiche des pigmentirten Kreises die nervösen Elemente zu Grunde gegangen, das Bindegewebe bildete ein Maschenwerk, in das veränderte Pigmentzellen reichlich eingebettet waren. Die Zellen der *Tapetum nigrum* zeigen große Unregelmäßigkeiten, das körnige Pigment ist von der mannigfaltigsten Größe.

gen, wie die am lebenden Thiere durch den unmittelbaren Einfluß der Sonnenstrahlen entstandenen, hervorgerufen werden können. Ja, wahrscheinlich geht die Fähigkeit dazu erst mit ziemlich bedeutender, durch Fäulniß entstandener Alkalescenz verloren. An Augen wenigstens, die stark ammoniakalisch rochen, konnte ich selbst nach Entfernung der Linse und der Hornhaut bloss durch den Glaskörper mit Linse und Sonnenlicht keine Veränderungen mehr erzielen. Wenn man dagegen bei so präparirten ziemlich frischen Augen das durch die Linse erzeugte Sonnenbildchen auf die Retina projicirt, bekommt man sehr rasch einen weißen Fleck in derselben.

Bei großen Thieraugen, bei welchen allein ich nach dieser Blendungsmethode die mikroskopische Untersuchung vornahm, fand ich immer die Stäbchen verkrümmt und zerstückelt, die äußere Körnerschicht fein granulirt, dagegen das Tapetum fast unverändert.

Geht man mit dem Sonnenbildchen über ein Retinagefäß, so sieht man alsbald eine Verengerung des Lumens daselbst, wobei das darin enthaltene Blut nach den Seiten verschoben wird. Selbst wenn man das so präparirte Auge in eine Schale unter Wasser bringt, so kann man noch die Veränderung hervorrufen. Dagegen hört die Möglichkeit, in der Netzhaut überhaupt eine Blendung hervorzurufen alsbald auf, wenn man dem Wasser einige Tropfen Natronlösung zusetzt.

Bei dieser Blendungsmethode nach dem Tode fiel es mir auf, daß um die Blendung hervorzurufen genau der Brennpunkt in die Netzhautebene fallen muß, was bei den früher angegebenen Methoden im Lebenden wohl nur selten geschieht.

Es scheint also ein geringerer Reiz schon im Leben zu genügen, um diese Veränderungen hervorzurufen. Mit Sicherheit wird sich jedoch die im lebenden Thiere verwendete Lichtintensivität wohl nicht berechnen lassen, da man dazu nicht nur die optischen Constanten des Auges, sondern auch den durch die Reflexionen erlittenen Verlust in Rechnung ziehen müßte.

Es darf uns wohl nicht wundern, daß die im Lebenden erzeugte Stase und Transsudation aus den benachbarten Blutgefäßen in den Stäbchen eine ähnliche Zerstörung hervorrufen kann, wie primär die starke Lichteinwirkung. Ich glaube, daß die durch parallele Strahlen hervorgerufene augenblicklich auftretende weiße Trübung in der Netzhaut den eben erwähnten nach dem Tode hervorgerufenen Ver-

änderungen entspricht, während in solchen Fällen, wo anfangs kaum etwas nachweisbar, erst nach einiger Zeit eine ähnliche Trübung auftrat, der Proceß durch Störungen hervorgerufen wurde, die am heftigsten die Gefäße der Chorioidea und bloss in geringerem Grade die Retina betroffen haben.

Eine Analogie haben wir ja in der Linse, die bekanntlich nach Verletzungen der Kapsel, wobei dem Kammerwasser auf die Linsenfasern einzuwirken gestattet ist, getrübt wird. Eine Linsentrübung tritt aber, wie wir oben (Krankengeschichte Nr. 2) gesehen haben, auch leicht auf, wenn man das Sonnenbild der Linse auf den Rand der Iris richtet. Ja bei einem Bombinator, dessen Pupille so eng war, daß ich, um ein größeres Lichtbündel behufs der Blendung in das Auge zu bringen, den Brennpunkt der Linse in die Pupillarebene einstellen mußte, gelang es mir nicht, eine Retinablendung hervorzurufen; es wurde aber die ganze vordere Linsenfläche grauweiß, so daß man von vorne gesehen einen vollständigen grauen Staar vor sich zu haben glaubte. Noch besser gelingt es, diese Cataracta hervorzurufen, wenn man bloss den vorderen Abschnitt des enucleirten Auges nimmt und von hinten durch die Krystallinse das Sonnenbild auf die Hinterfläche der Iris lenkt, wobei die anliegende Linsenpartie getrübt wird, oder wenn man die Krystallinse nach Entfernung der Netzhaut auf die Chorioidea bringt und so wie bei Netzhautblendungen verfährt.

Man findet dann die Linsenfasern und Epithelzellen wohl erhalten, aber fein moleculär getrübt. Die Kapsel selbst zeigt keine Veränderung.

Ja selbst, wenn man gewöhnliches Hühnereiweiß anstatt der Retina auf die Chorioidea legt, kann man auf ganz ähnliche Weise in demselben einen der Chorioidea anliegenden, weißen, mit grauem Hof umgebenen Fleck hervorrufen.

Andererseits kann in einer Retina auch leicht eine solche Trübung hervorgerufen werden, wenn man sie auf einem andern dunkeln Grunde, z. B. mit Asphalt angestrichenem Glase, auf einer Pappschiefertafel oder selbst auf mit Kupferoxydul grüngefärbtem Glase ausbreitet, mit Glaskörper bedeckt und dann das Sonnenbild auf sie entwirft. Dagegen konnte ich in der Retina keine Veränderung nachweisen, wenn ich sie auf einer durchsichtigen, farblosen Glastafel ausbreitete und den Brennpunkt auf sie einstellte.

Diese Versuche lassen wohl keinen Zweifel übrig, daß man es bei diesen Vorgängen mit einer Coagulation von in der Retina, besonders in den Stäbchen, dann in der Linse enthaltenen Eiweißkörpern zu thun hat. Daraus erklärt sich der weiße Fleck am pigmentirten Augengrunde, die entstandene Cataracta, daraus vielleicht auch die größere Widerstandsfähigkeit nicht zu stark geronnener Partien gegen die Einwirkung von Reagenzien. Letzteres bezieht sich auf die oben erwähnte größere Resistenz der geblendeten Froschretina, die Beibehaltung der Spindelform der Elemente der äußeren Körnerschichte eben daselbst, die bessere Conservirung der geblendeten Stäbchenschichte beim Meerschweinchen. Endlich, glaube ich, wird die Contraction der Retinalgefäße bei Blendung in längst getödteten Thieren wohl auch durch Gerinnung von, in den Circularfasern vorhandenen, eiweißartigen Substanzen hervorgerufen [1]).

Es kann wohl Niemand in Zweifel sein, daß unter diesen Umständen Wärmeproduction am *Tapetum nigrum* die Ursache der Coagulation sei.

Es frägt sich nun: Sind es die im Sonnenlicht vorhandenen dunkeln Wärmestrahlen, oder sind es die leuchtenden Strahlen der Sonne, das sogenannte mechanische Äquivalent (Thomsen. Pogg. Ann. 1865, Nr. 6, Bd. 75, S. 381) derselben? Das erstere ist schon wegen der durch Brücke nachgewiesenen geringen Diathermanität der durchsichtigen Medien des Auges unwahrscheinlich. Um die Möglichkeit aber vollkommen auszuschließen, bediente ich mich einer 2 Decimeter dicken Wasserschichte [2]), die nach Thomsen (l. c.)

[1]) Ob die gewöhnliche *Cataracta senilis* sich zur gesunden Linse nicht so verhält, wie geronnenes Eiweiß zu nicht geronnenem, eine Frage, die sich vielleicht nach dem Vorausgegangenen Manchem aufdrängt, läßt sich meiner Meinung nach so lange nicht discutiren, als man den moleculären Unterschied des geronnenen und nicht geronnenen Eiweißes nicht kennt.

[2]) Der Apparat besteht aus einem unter beliebigem Winkel stellbaren Gaslampencylinder von 2 Decimeter Länge, der vorne durch ein planparalleles Spiegelglas, hinten durch eine planconvexe Linse von 4 Zoll Brennweite geschlossen ist. Durch eine kleine Öffnung am Mantel wird Wasser eingegossen. Um mir eine beiläufige Vorstellung darüber zu machen, wie viel an wärmender Kraft durch die Wasserabsorption verloren geht, stellte ich an einem Morgen bei ganz klarem Himmel dreimal bei gefülltem, dreimal bei leerem Cylinder, eine mit Tusche geschwärzte Thermometerkugel durch eine Minute lang in den Brennpunkt der Linse. Das Thermometer stieg bei den drei ersten Versuchen um $16\frac{1}{2}$, 16 und $16\frac{1}{2}°$ R. Bei den drei letzten um $25\frac{1}{2}$, 25 und 24° R.

sämmtliche dunkeln Wärmestrahlen absorbirt, und versuchte mit so geläutertem Lichte zu blenden. Der sechsmal angestellte Versuch schlug nie fehl.

Wir haben uns also den Vorgang so vorzustellen, daß die Lichtstrahlen an das *Tapetum nigrum* gelangen und hier absorbirt werden; daß die lebendige Kraft der Ätherschwingungen, auf die Molecüle des Tapetum übertragen, dieselben zu langsamen Schwingungen anregt, welche als Wärme ihre Wirkung auf die Umgebung ausüben. Die feinkörnige Vertheilung des Pigmentes wird nicht wenig die reichliche Absorption und Emission der Lichtstrahlen begünstigen.

Daß auch bei albinotischen Kaninchen und bei Thieren mit einer *membrana Faëldingii* ähnliche Blendungserscheinungen, wenn auch vielleicht etwas langsamer, hervorgerufen werden, kann wohl nicht dagegen entscheiden, da der pigmentlose Augengrund wahrscheinlich ebenfalls ein ziemlich bedeutendes Absorptionsvermögen besitzt. Die mit dem oben erwähnten Wasserapparate auf dem bloßen Handrücken concentrirten Sonnenstrahlen riefen nach ganz kurzer Einwirkung eine Brandblase hervor, und der Handrücken ist ja doch heller gefärbt als die mit Blut gefüllte Chorioidea des Albinos. Außerdem sind bei Albinos und bei Thieren mit einer *membrana Faëldingii* die Pigmentepithelzellen mit einer äußerst feinkörnigen Substanz angefüllt, die vielleicht gut Wärme absorbirt.

Daß auch auf die Chorioidea eine solche Wirkung ausgeübt wird, ist a priori wahrscheinlich und durch folgenden Versuch wohl sicher gestellt. Eine Eiweißschichte bedeckte ich mit einer dünnen Schichte Asphaltlack. Nach wenigen Minuten gab ich darauf abermals eine Eiweißschichte, dann lenkte ich das Sonnenbildchen auf die Asphaltschichte. Der Asphalt erlitt keine Veränderung, dagegen waren an beiden Seiten desselben dünne Schichten weiß coagulirten Eiweißes. Auf die Weise wird auch die Beobachtung erklärlich, daß die Coagulation der Retina auf einer asphaltirten Glasplatte leichter gelang als auf einer asphaltirten Metallplatte, indem in letzterem Falle die Asphaltschichte eine bedeutendere Dicke haben mußte, um die bessere Wärmeleitung des Metalls zu paralysiren.

So kann vielleicht auch das beständig circulirende Blut in der Choriocapillaris eine rasche Ableitung der producirten Wärme vermitteln und die Retina bis zu einem gewissen Grade schützen oder nach Drapers Theorie die Schärfe des Bildes erhöhen.

Durch die bei der intensiven Blendung entstandene Coagulation ist also die Entstehung von Wärme an der Grenze der Stäbchenschichte festgestellt und zwar einer Wärme, die im Stande ist, das Eiweiß in der Retina zur Coagulation zu bringen. Spätere Versuche werden wohl lehren, welche Temperaturerhöhung dazu nothwendig ist.

Dies festgestellt, wird man mit Sicherheit schließen müssen, daß auch beim gewöhnlichen Sehen die Lichtstrahlen auf der Retina eine Wärmewirkung freilich viel geringeren Grades ausüben werden. Es fällt mir nicht ein, zu glauben, daß ich durch Feststellung dieser Thatsache die Richtigkeit der Draper'-schen Theorie [1]), daß das Sehen, ein Tasten der Stäbchen nach dem Wärmezustand des *Tapetum nigrum* sei, bewiesen habe, aber es ist dadurch wenigstens die der Theorie zu Grunde liegende Hypothese, daß durch das Licht am *Tapetum nigrum* Wärme producirt werde, bewiesen worden.

Es ist damit das nothwendige Postulat der Physiologie, eine materielle Veränderung der percipirenden Nervenelemente nachgewiesen

---

[1]) Ich erlaube mir Draper's Theorie (Human physiology 1856) nach Meißner's Jahresbericht 1857. S. 567 hier mitzutheilen, da mir das englische Original nicht zu Gebote stand: Seiner Ansicht nach ist die Pigmentschicht der auffangende Schirm, nicht eine Schichte der Retina, indem die Erregung der Retinaelemente nicht direct durch die Lichtwellen als solche, sondern erst nach Absorption derselben durch die Wärme zu Stande käme. Draper meint, daß die physikalischen Wirkungen des Lichtes, welche auf Absorption beruhen und derselben direct proportional sind, die Umwandlung des äußeren Reizes in einen inneren (physiologischen) Reiz vermitteln. Durch Wärmemessungen im Interferenzspectrum constatirte er, daß die Wärmeintensität in der Gegend des Gelb am größten ist (rectificirtes Spectrum). Die primäre Wirkung der Lichtstrahlen besteht darin, die Temperatur des schwarzen Pigmentes zu erhöhen, und zwar auf einen Grad, der abhängig ist von der Intensität der Strahlen und ihrer Qualität.

Mit dieser localen Temperaturveränderung beginnt der Akt des Sehens, indem das was geschieht, wenn wir mit den Fingerspitzen über die Oberfläche der Körper hin fahren, und kalte und warme Stellen erkennen, mit unendlich größerer Feinheit auch im Auge geschieht. Die Stäbchen der *membrana Jacobi* sind wahre tastende Organe, welche der percipirenden Retinafläche den Temperaturzustand des schwarzen Pigmentes übermitteln. Das Auftreffen des Lichtstrahles auf einen Punkt erhöht dessen Temperatur auf einen Grad, welcher von der Lichtquelle abhängt; aber es findet augenblicklich eine Temperaturabnahme statt vermöge der Leitung zu den benachbarten Theilen. Diese fortgeleitete Wärme hat wegen ihrer sehr viel geringeren Intensität keine chemische Wirkung mehr und aus diesem Grunde ist das Sehen scharf wie ein photographisches Bild.

worden, einer Veränderung, die selbst bei sehr heftiger Einwirkung des normalen Reizes zu Zerstörung derselben führen kann.

Ich kann nicht schließen, ohne hier meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Brücke, für die aufmunternde Unterstützung zu danken, die er mir nicht nur bei dieser Arbeit, sondern während meiner ganzen mikroskopischen Studien angedeihen ließ.

Erklärung der Zeichnungen.

Sämmtliche Augenspiegelbilder sind im umgekehrten Bilde, und zwar Fig. 1 und 3 mit einer Umkehrungslinse von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll, Fig. 2 mit einer Umkehrungslinse von 2 Zoll Brennweite gezeichnet.

Fig. 1. Augenhintergrund von *Rana esculenta* am 8. Juli 1865. Etwas nach rechts vom Centrum ist die fast bisquitförmige (bei der Mehrzahl der Frösche lanzettförmige) Sehnervenscheibe, vor der ein starkes venöses Gefäß liegt, das in die Centralvene sich ergießt. Der bläulichgraue Augengrund ist wahrscheinlich durch die Nervenfaserbündel radiär gestreift. Links ist die am 12. Juni, rechts die am 6. Juli geblendete Stelle.

Fig. 2. Augenspiegelbild des gelbbraunen Kaninchens am 14. September. Sehr excentrisch nach unten (im umgekehrten Bilde) sieht man die flach excavirte Sehnervenscheibe mit der Ausbreitung markhaltiger Nervenfasern (dem allein gefäßhaltigen Gebiete der Netzhaut) nach beiden Seiten. Nach oben davon sind die drei geblendeten Stellen. Die mittelste (ragt noch theilweise in den Bereich markhaltiger Fasern) vom 11. August, die rechte vom 31. August, die linke vom 12. September.

Fig. 3. Weißes albinotisches Kaninchen, am 29. September. Die Sehnervenscheibe unten, ganz oben zwei vortices sichtbar. Rechts und links als transversale Streifen die beginnenden langen Ciliararterien. Die Blendungsstellen vom 13. August und 16. September sind in eine große weiße, mit wenig grauen Flecken versehene Fläche verwandelt, nur nach links ist noch ein kleiner verwaschener rother Fleck — der letzte Rest des Extravasats. In den weißen Flächen entspringen einige kurze Ciliararterien. Nach rechts unten ist die Blendung vom 31. August. Rechts oben und links unten sind die vom 25. September geblendeten Stellen. Man sieht diffus geröthete Stellen, offenbar Extravasate, vor denen eine getrübte Netzhaut liegt.

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.

1.



2.



3.



Gem. v. Verf. lith. v. Dr. C. Heitzmann   Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei